Revue suisse Zool.	Tome 88	Fasc. 4	p. 855-864	Genève, décembre 1981

Stand und Ziele der Radar-Vogelzugforschung in der Schweiz [1]

von

Bruno BRUDERER

Mit 2 Abbildungen

Abstract

Status and aims of radar bird migration research in Switzerland. — Surveillance radars (for large scale surveillance of migratory directions) and tracking radars (for detailed studies on directions, heights, densities, speeds and flight behaviour of nocturnal migrants at selected points) are combined in a program, briefly described here, studying the influence of the Alps on bird migration. Improvements to past methods include the releasing of identified birds under selected conditions, as well as the study of flight parameters such as wing-beat pattern variability.

As a base for further studies the distribution of migratory directions in three height bands at five topographically differing tracking-radar sites are analysed. The following observations and conclusions are made:

— The main directions of migration in the Swiss lowlands follow the curve of the Alps and the Jura. This shift in direction is probably induced directly by a regional effect of the large valley between the mountain ranges, and not by local effects or large scale shifts in direction by an endogenous program.

— The increasing proportion of S-bound migrants with height suggests a stronger preference of S-bound long-distance migrants for higher flight levels and for direct crossing of the Alps.

— Above two stations at the border of the Alps an extreme diversion of the dominant directions, increasing with height, is observed. This may be a consequence of a decision-making process (along or across the first ridge with subsequent compensation of the deviation).

In addition regional topographical effects as well as a possibly increased proportion of S- and SE-bound migrants closer to the Alps may be involved. The absence of a cor-

[1] Unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung; Projekte Nr. 3.244.69, 3.038.73, 3.058.76 und 3.476-0.79.

responding diversion at a pass in the western part of the Alps could be caused by a decrease of S- and SE-bound migrants towards W, by a leading effect of the Bernese Alps, or by the fact that at this point in a central part of the Alps the decisions have already been taken.

EINLEITUNG

Im Rahmen des Leitbildes für die achtziger Jahre will die Schweizerische Vogelwarte alle Kräfte des Ressorts Zugforschung auf ein Hauptziel konzentrieren, nämlich auf das Studium des Vogelzuges im Einflussbereich der Alpen (vgl. BRUDERER & JENNI 1980). Radardaten sollen, in Verbindung mit Beringungsergebnissen und Messdaten von nördlich und südlich der Alpen, bezw. in den Alpen gefangenen Zugvögeln, zeigen, ob und inwiefern die Alpen generell oder für einzelne Gruppen von Zugvögeln ein Hindernis darstellen. Letztlich wird die Frage anvisiert, welches die oekologische Bedeutung der Alpen für den Ablauf des Vogelzuges in Mitteleuropa ist. Mit dem vorliegenden Artikel wollen wir für den Radar-Bereich die Ausgangslage und die wichtigsten Fragestellungen zum „Alpenzuprogramm" skizzieren.

METHODIK

Überwachungsradar-Anlagen können, wenn mehrere Stationen gleichzetig eingesetzt werden, wertvolle Aufschlüsse über die grossräumigen Richtungstendenzen des Zuges geben. Obwohl die Reichweite und Betriebssicherheit der Geräte wesentlich gesteigert wurde, sind heute die Beobachtungsbedingungen meist schlechter als zur Zeit der Untersuchungen von SUTTER (1957) und GEHRING (1963), da durch die Flugsicherungsdienste verschiedene Massnahmen zur Eliminierung der störenden Vogelechos angewendet werden. Aus einem ersten Pilotversuch mit einer Radarkette von Linz über München, Zürich, Basel bis Genf im Herbst 1980 resultierte (neben einzelnen Ergebnissen) zumindest die Bereitschaft zur Kooperation im Herbst 1982.

Der Zielfolgeradar „Superfledermaus", der uns zu Beginn von der Firma Contraves und seit 1969 jeweils von der Schweizer Armee zur Verfügung gestellt wurde, zeigt einzelne Kleinvögel bis zu einer Entfernung von etwa 4,5 km. Im Gegensatz zum Überwachungsradar ermöglicht er genaue Zugdichtemessungen in allen Höhenbereichen sowie die automatische Verfolgung ausgewählter Ziele (zB ziehende Vögel, freigelassene Fänglinge, Windmessballone). Von den verfolgten Objekten werden sowohl die Flugwege (in drei Dimensionen) als auch die Echosignaturen (Flackern der Radarechos im Rhythmus der Flügelschläge) simultan auf Magnetband registriert und auf Schreibern sichtbar gemacht (vgl. BRUDERER 1969, 1971, 1980). Die auf Magnetband gespeicherten Daten können digitalisiert und halbautomatisch ausgewertet werden (vgl. BRUDERER 1980).

FLUGVERHALTEN UND FLUGMECHANIK AUTOMATISCH VERFOLGTER EINZELVÖGEL

Die in den Echosignaturen enthaltenen Flügelschlagmuster werden dazu verwendet, die Vielfalt der nachtziehenden Vögel in verschiedene Flugtypen zu unterteilen und damit zu differenzierten Aussagen über das Zug- und Flugverhalten einzelner Vogelgruppen

zu gelangen: Radarechos von Nachtziehern wurden in 5 Klassen unterteilt, die als grosse, mittlere und kleine Vögel vom Singvogeltypus (GS, MS und KS) mit intermittierenden Flügelschlägen, beziehungsweise als grosse und kleine Vögel vom Limikolentypus (GL und KL) mit kontinuierlichen Flügelschlägen bezeichnet wurden.

Während bei den beiden Limikolentypen keine Abhängigkeit des Steig- und Sinkverhaltens vom Wind auffiel, zeigte es sich, dass die Steigrate der Singvögel bei Gegenwind deutlich stärker variierte als bei Rückenwind (was wir als Suchen günstiger Flughöhen interpretieren). Seitenwinde wurden von nach SW ziehenden GS sehr gut, von MS und KS in zunehmend geringerem Masse kompensiert (abnehmende Leistungs-Kapazität). Die sehr leistungsfähigen GL kompensieren SE-Winde, zeigen aber bei NW- bis SW-Winden eine starke Bereitschaft zu Mitwindbewegungen. Die eindeutig vorhandene, aber mit der Körpergrösse und Fluggeschwindigkeit der Vögel abnehmende Fähigkeit zur Kompensation von Seitenwinden macht wahrscheinlich, dass beim unter westlichen Winden auftretenden starken S- bezw. SE-Zug neben echten S- und SE-Ziehern und teilverdrifteten Vögeln auch SW-ziehende Populationen beteiligt sind, die diese Winde als seitliche Rückenwinde ausnutzten, und die akzeptierte Drift später (bei günstigeren Windverhältnissen) kompensieren. KS, und in abnehmendem Masse MS und GS kompensieren einen Teil des in Windrichtung wirkenden Windvektors (Details siehe Bloch, Bruderer & Steiner im Druck).

Bei aufsteigenden Singvögeln konnten deutlich längere Schlagphasen und verkürzte Ruhephasen festgestellt werden, während bei den kontinuierlich schlagenden Limikolentypen nur in Einzelfällen die erwartete Steigerung der Flügelschlagfrequenz gefunden wurde; es muss angenommen werden, dass den Limikolen noch andere für den Radar nicht detektierbare Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die entsprechende Leistungssteigerung beim Aufstieg zu realisieren (Details siehe Renevey 1981). Bei optisch identifizierten Rabenkrähen *(Corvus corone)* zeigte es sich, dass diese beim Aufsteigen die Frequenz ihres kontinuierlichen Flügelschlages erhöhen und dass sie beim Absinken breitere Variationsmöglichkeiten für die Fluggeschwindigkeit haben als beim Horizontalflug und im Aufstieg (Althaus & Bruderer in Vorb.). In Einzelfällen ist bereits die Identifikation von Arten aufgrund der Flügelschlagmuster und damit eine artspezifische Beurteilung des Flugverhaltens möglich geworden: Beim Mauersegler *(Apus apus)* ergab sich, dass er bei Übernachtungsflügen mit der postulierten Geschwindigkeit minimalen Energieverbrauchs und beim Zug mit der Geschwindigkeit maximaler Reichweite fliegt (Bruderer & Weitnauer 1972).

Die weitere Entwicklung dieser Forschungsrichtung wird gesucht durch

a) Studium langer Einzelflugwege freifliegender Vögel im Hinblick auf die Variabilität und damit den Identifikationswert der Flügelschlagmuster (vgl. Renevey 1981).

b) Studium mathematischer Zusammenhänge zwischen verschiedenen Flugparametern untereinander bezw. zwischen Flug und Umweltbedingungen im Hinblick auf ein besseres Verständnis der Flugmechanik und zur Steigerung des Identifikationswertes der Flügelschlagmuster.

c) Gewinnung identifizierter Flügelschlagmuster von Nachtziehern durch Freilassung von Fänglingen (vgl. Bruderer et al. 1972).

d) Freilassung von Fänglingen unter gewählten Bedingungen (unter anderem auch im Hinblick auf Fragen der Orientierung).

VOGELZUG IM EINFLUSSBEREICH DER ALPEN

Bei vielen europäischen Zugvögeln entsprechen die durch Ringfunde belegten Zugrichtungen nicht der geradlinigen Verbindung zwischen Brutgebiet und Winterquartier. Grosse, aufgrund topographischer Gegebenheiten erklärbare Richtungsänderungen kommen vor (vgl. ZINK 1977). Für Richtungsänderungen im Übergangsbereich zwischen dem europäischen und dem afrikanischen Kontinent scheint eine endogene Programmierung dieser Richtungsänderung wahrscheinlich (GWINNER & WILTSCHKO 1978). Radarbeobachtungen (vgl. BRUDERER 1980) zeigen, dass Richtungsänderungen im Vogelzug an den verschiedensten Orten in Europa vorkommen und dass sie oft kleinräumig, und zudem wetterbedingten Änderungen unterworfen sind, sodass für sie eine rein endogene Steuerung nicht in Betracht kommt. Es müssen exogene richtende Faktoren oder Auslöser für regalmässig auftretende Richtungsänderungen sowie ausgeprägte Korrekturmöglichkeiten für unregelmässig vorkommende Kursänderungen angenommen werden.

Im Gebiet der Alpen wurde festgestellt, dass die nächtliche Hauptzugrichtung im östlichen Mittelland nicht der aufgrund von Ringfunden ermittelten Zugrichtung nachtziehender Passeres im Gebiet der Schweiz entspricht (BRUDERER 1978), sondern parallel zum Alpenrand verläuft. Diese Feststellung war einer der wichtigsten Ausgangspunkte für das „Alpenzugprogramm". Im folgenden Kapitel soll im Sinne einer Grundlage für spätere Untersuchungen dargelegt werden, welche generellen Richtungspräferenzen des nächtlichen Vogelzuges im östlichen und westlichen Mittelland, auf einem Alpenpass und am Alpenrand zu beobachten sind. Davon ausgehend soll in späteren Arbeiten untersucht werden,

a) wie sich diese regionalen Richtungspräferenzen in den grossräumigen Zugablauf im nördlichen Alpenvorland einordnen

b) ob jahreszeitliche Schwankungen der Vorzugsrichtungen Unterschiede im Verhalten von Lang- und Kurzstreckenziehern gegenüber den Alpen erkennen lassen

c) wie die Vorzugsrichtungen durch die meteorologischen Bedingungen (insbesondere durch Wind und Bewölkung) beeinflusst werden (vgl. RÜSCH & BRUDERER 1981)

d) wie die Vorzugsrichtungen durch die lokale Topographie beeinflusst werden (vgl. RÜSCH & BRUDERER 1981)

e) ob verschiedene Flugtypen unterschiedliches Verhalten bezüglich Wahl von Richtung und Flughöhe zeigen

f) welche Bedeutung Änderungen von Zugrichtung und Zughöhe im Verlaufe der Nacht und von Nacht zu Nacht im Hinblick auf Alpenüberquerung und Windnutzung haben könnten

g) welche generellen, bezw. witterungsbedingten Unterschiede in der Zugintensität und in der Zughöhe auf einem Alpenpass, am Alpenrand und im Mittelland bestehen.

VORZUGSRICHTUNGEN DES VOGELZUGES IN VERSCHIEDENEN REGIONEN DER SCHWEIZ

Um zu prüfen, ob die im östlichen Mittelland im Frühling und im Herbst und in allen Höhenbereichen dominierende Zugrichtung parallel zum Alpenrand eine generelle und grossräumige Erscheinung des nächtlichen Vogelzuges in der Schweiz sei und somit

im Sinne einer endogen vorprogrammierten Abweichung von geradlinigen Zugwegen im Bereich der Alpen verstanden werden könnte, waren Beobachtungen in andern Gebieten der Schweiz notwendig.

Daten und Methoden:

Das hier einbezogene Material umfasst folgende Stationen und Beobachtungsperioden:

— Mittelland Ost (Merenschwand im aargauischen Reusstal) mit rund 50 Beobachtungsnächten aus der Zeit von Mitte August bis Mitte Oktober 1971.

— Mittelland West (Payerne südlich des Neuenburgersees) mit nur 8 Nächten im Oktober 1978.

— Mittellandrand (Etzel-Westflanke, südlich des oberen Zürichsees) mit 50 Nächten aus der Zeit von Anfang August bis Mitte Oktober 1980.

— Alpenrand (Lauerz nordöstlich der Rigi) mit 50 Nächten aus der Zeit von Anfang August bis Mitte Oktober 1980.

— Alpen (Hahnenmoospass im Berner Oberland) mit gut 50 Beobachtungsnächten aus der Zeit von Anfang August bis Mitte September (1974 und 1975).

Die Daten der fünf Stationen sind insofern vergleichbar, als die Beobachtungsmethodik im Prinzip stets gleich blieb (automatische Verfolgung zufällig ausgewählter Einzelvögel aus drei Höhenstufen während der ganzen Nacht). Bei langer Verfolgungszeit pro Vogel (zB Lauerz/Etzel) konnten durchschnittlich etwa 90 Vögel pro Nacht verfolgt werden, bei kurzen Verfolgungszeiten (Payerne) steigerte sich die Durchschnittszahl bis auf 160. Dank der in den meisten Fällen langen, kontinuierlichen Beobachtungsperioden dürften sich wetterbedingte Variationen ausgleichen. Die Vergleichbarkeit ist eingeschränkt, weil für Payerne nur Oktoberdaten (mit vermutlich zu kleinem Anteil an S-Ziehern) zur Verfügung stehen, während beim Hahnenmoospass Spätherbst-Daten fehlen. Angesichts des oft starken Topographieeinflusses sind die Flugniveaus in Metern über Boden angegeben (und nicht auf die Meereshöhe bezogen, wie es aus aerodynamischen Gründen sinnvoll scheinen könnte). An der Rigi und auf dem Hahnenmoospass ist der Zug im untersten Niveau durch die Bergkämme kanalisiert. Erst oberhalb etwa 1000 m können die Vögel auch auf grössere Distanz ihre Richtung frei wählen. Beim Vergleich mit andern Stationen sind deshalb die oberen Niveaus stärker zu gewichten.

Die Richtungsverteilungen, die man aufgrund der aufgezeichneten Einzelflugwege erhält, beruhen auf einer Vielzahl von Vogelpopulationen mit unterschiedlichen Vorzugsrichtungen und Streubereichen. Die in manchen Nächten erkennbare trimodale Verteilung, wie auch die in Ringfunddaten (Zink 1973, 1975) erkennbare Aufsplitterung der Zugwege deuten auf ein ständig vorhandenes Gemisch von drei statistischen (nicht biologischen!) Populationen: SW-Zug als dominierende Komponente, S- und SE-Zug als untergeordnete, bei W- und SW-Wind verstärkt auftretende Komponenten. Meist ergeben sich Verteilungen mit einem Modus im SW-Bereich und einer mehr oder weniger ausgeprägten Asymmetrie gegen S bis SE.

In Abb. 1 versuchen wir die relativ komplizierten Verhältnisse anschaulich zu erfassen, indem wir mit dem Modalwert des mittleren Flugniveaus die Hauptzugrichtung an jedem Beobachtungsort charakterisieren und mit den Medianwerten aller drei Flugniveaus die mit der Höhe wechselnden Anteile des S- und SE-Zuges mitberücksichtigen. In Abb. 2 haben wir die ursprünglichen Verteilungen in prozentuale Verteilungen um-

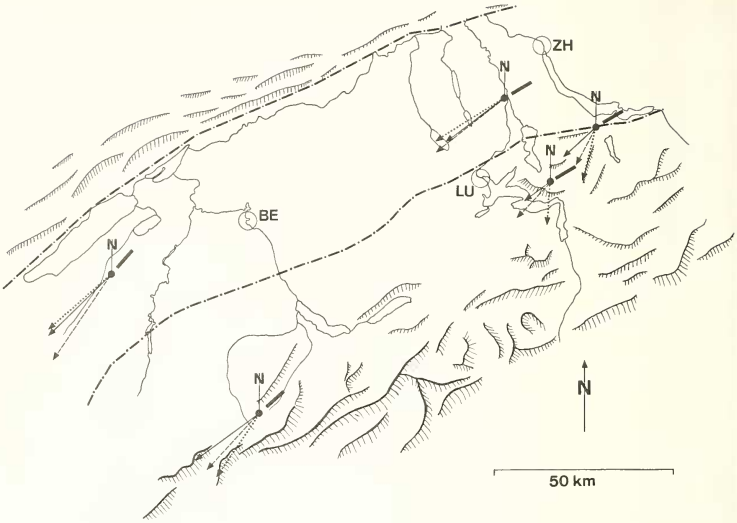


FIG. 1.

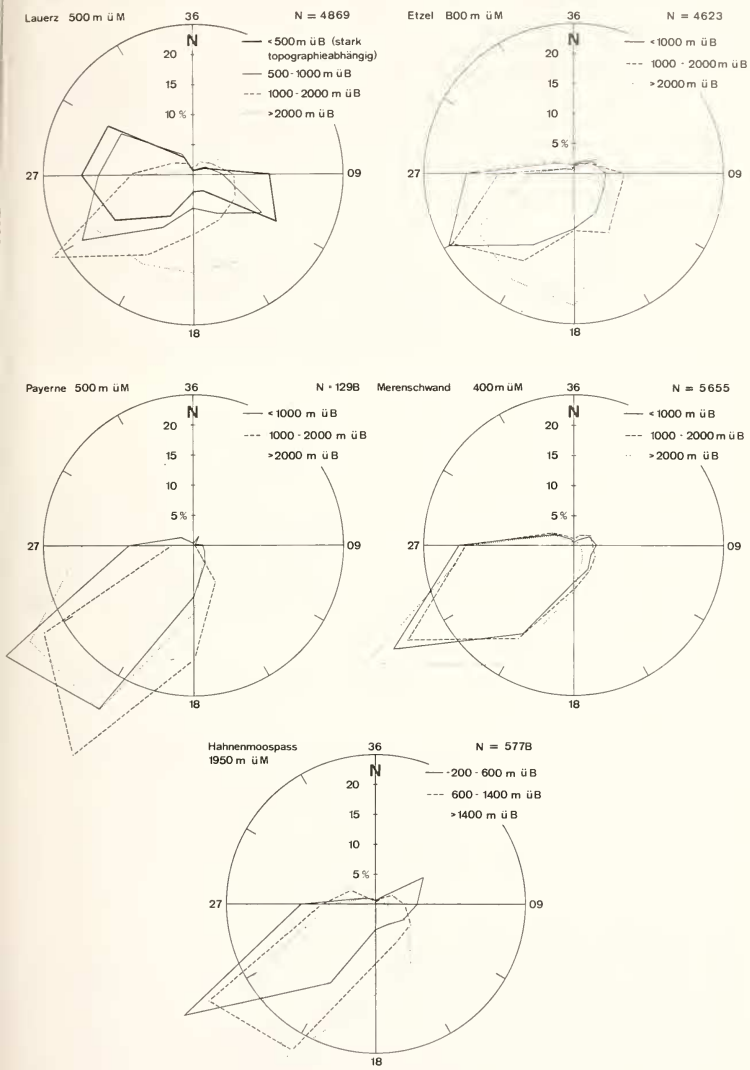
Beobachtungsgebiete und dominierende Zugrichtungen. Als Merkpunkte des Geländes sind angegeben: Die drei Städte Zürich, Luzern und Bern, einige der wichtigsten Seen, Flüsse und Bergketten sowie der Verlauf von Alpen- und Jurarand. Von E nach W sind die Radarstandorte Etzel, Lauerz, Merenschwand, Hahnenmoospass und Payerne eingetragen, je mit den Medianrichtungen der drei Höhenstufen (Signaturen analog zu Fig. 2; Länge der Vektoren im Sinne eines Streuungsmasses gemäss der Distanz vom Zentrum bis zum Rand des Polygons in Fig. 2) sowie der Hauptzugrichtung (Modus) im mittleren Niveau (als dicker Balken).

Areas of observation and dominant migratory directions. The following important features of the country are indicated: The towns Zurich, Lucerne, and Berne, some of the most important lakes, rivers and mountain ridges, as well as the border of the Alps and the Jura. From E to W the radar sites of Etzel, Lauerz, Merenschwand, Hahnenmoos and Payerne are marked. Each site shows the median of directions at each of the three flight levels (signatures as in fig. 2; the length of the vectors is a measure of the scatter of directions according to the distance from the centre to the edge of the polygones in fig. 2) as well as the principal direction (mode) at the middle of the three levels (thick line).

FIG. 2.

Prozentuale Verteilung der Zugrichtungen in drei Höhenbereichen (bei Lauerz 4) für alle fünf Stationen, angegeben in Richtungspolygonen.

Proportional distribution of migratory directions in three height bands (at Lauerz four) for all five radar sites indicated as direction polygones. Note that at the pass of Hahnenmoos birds can be tracked below the radar site.


Lauerz 500 m ü M
N = 4869
< 500 m ü B (stark topographieabhängig)
500 - 1000 m ü B
1000 - 2000 m ü B
> 2000 m ü B
Etzel 800 m ü M
N = 4623
< 1000 m ü B
1000 - 2000 m ü B
> 2000 m ü B
Payerne 500 m ü M
N = 1298
< 1000 m ü B
1000 - 2000 m ü B
> 2000 m ü B
Merenschwand 400 m ü M
N = 5655
< 1000 m ü B
1000 - 2000 m ü B
> 2000 m ü B
Hahnenmoospass 1950 m ü M
N = 5778
200 - 600 m ü B
600 - 1400 m ü B
> 1400 m ü B
N
09
18
27
36
5 %
10
15
20

gerechnet und in 12 Sektoren unterteilt, um bei grösstmöglicher Vereinfachung noch alle relevanten Richtungen unterscheiden zu können.

Ergebnisse und Interpretation:

1. Der Vergleich zwischen östlichem und westlichem Mittelland ergibt (trotz geringerem Anteil an Langstreckenziehern in den Oktoberdaten von Payerne) eine stärkere S-Tendenz im W. Im E wie im W laufen die dominierenden Richtungen parallel zum dortigen Alpen- und Jurarand.

Als Hauptursache für diese Richtungsänderung sehen wir einen im regionalen Rahmen unmittelbar richtenden Einfluss von Jura und/oder Alpen.

Eine grossräumige Änderung der Zusammensetzung des Zuges von E nach W (Abnahme der SE-Zieher) würde einer zunehmenden S-Tendenz gegen W entgegenwirken (s.u.). Auch eine endogen vorprogrammierte Richtungsänderung scheint uns aufgrund der täglichen Variation unwahrscheinlich. Die Elemente der lokalen Topographie (Flussläufe, Seeufer, Strassen) verlaufen im Raum Payerne parallel zum Jurarand; sie können die Zugrichtungen mitbeeinflussen, dürften aber aufgrund der Erfahrungen aus dem östlichen Mittelland nicht ausschlaggebend sein, wurde doch dort an den verschiedensten Stellen bei sehr divergierender Lokaltopographie dieselbe Hauptzugrichtung (240—250°) festgestellt.

2. Auf den Stationen am Alpenrand und in den Alpen nimmt die S-Tendenz mit der Höhe zu.

Dies ist im Falle der beiden Stationen Hahnenmoos und Rigi zu einem grossen Teil topographiebedingt, da dort Bergkämme bis auf eine Höhe von etwa 600 m über Station längere südwärts gerichtete Flüge verhindern und die freie Richtungswahl bis auf gut 1000 m über Station deutlich einschränken. Am Etzel und in Merenschwand sind jedoch im Umkreis von mindestens 15 km keine hohen Bergketten vorhanden die die Wahl bestimmter Richtungen verhindern; zudem verlaufen die Hauptelemente der Topographie in südlicher Richtung. Dennoch ist die Zunahme des S-Zuges mit der Höhe am Etzel sehr deutlich.

Als mögliche Interpretation dieser Zunahme der S-Zieher mit der Höhe sehen wir eine verstärkte Präferenz S-orientierter Langstreckenzieher für grosse Flughöhen und für die direkte Alpentraverse.

3. Die Divergenz der dominierenden Richtungen (von einem Flugniveau zum andern wie auch innerhalb der oberen Flugniveaus) ist im Mittelland und auf dem Hahnenmoospass geringer als auf den beiden Stationen am Alpenrand. Sie ist trotz enger geographischer Nachbarschaft an der Rigi extremer als am Etzel.

Aus unseren Beobachtungen (Pt 1) schliessen wir, dass die in Mitteleuropa vorwiegend SW oder sogar SSW ziehenden Nachtzieher im östlichen Mittelland durch Topographieeinfluss auf WSW-Kurs gebracht werden. Wenn die Hauptmasse der Vögel diese Richtungsänderung bereits in einer gewissen Entfernung vom Alpenrand vornimmt, könnte damit die relative Zunahme des S- und SE-Zuges am Alpenrand mindestens teilweise erklärt werden.

Die deutliche Zunahme der Divergenz vom Etzel zur Rigi macht aber zusätzliche lokale, regionale oder verhaltensmässige Unterschiede wahrscheinlich: — Die lokalen Einflüsse werden von Rüsch & Bruderer (1981) behandelt. — Regional fällt vor allem die durch den Zugersee gebildete trichterförmige Öffnung zwischen Rigi und Zugerberg gegen den im SE liegenden Kessel von Lauerz auf, die Ursache des hier verstärkt auftretenden SE-Zuges sein könnte. Der Sihlsee hat für die Station Etzel einen analogen, wenn auch nicht so starken Einfluss (Rüsch & Bruderer l.c.). Sehr auffallend sind für die

über dem Etzel fliegenden Vögel auch die N-S-Elemente der Topographie. — Abgesehen von diesen direkten Topographieeinflüssen könnten die divergierenden Richtungen am Alpenrand auch Ausdruck eines Entscheidungsprozesses sein, der manche Vögel je nach Zugbereitschaft zu einem Kurs westlich oder südlich der Vorzugsrichtung bringen könnte (der ersten Kette entlang oder rasch darüber hinweg unter nachträglicher Kompensation der lokalen Abweichung).

Die geringere Streuung über dem Hahnenmoospass könnte Ausdruck der bereits überwundenen „Entscheidungssituation" sowie starker Leitlinienwirkung der Berneralpen sein; zudem dürfte sich der Anteil der S- und SE-Zieher in Mitteleuropa generell von E nach W reduzieren.

Dank

Mein Dank richtet sich vor allem an die vielen freiwilligen Mitarbeiter im Feld, sowie an all die Institutionen und Einzelpersonen, die uns mit Material und Finanzen unterstützt haben, insbesondere an die Schweizerische Armee und den Schweizerischen Nationalfonds. H.P. Althaus fertigte die Zeichnungen an und Bob Zuur korrigierte den Abstract. Ihm und H.P. Pfister danke ich auch für anregende Diskussionen.

Zusammenfassung

In einem nationalen Programm zum Studium des Vogelzuges im Einflussbereich der Alpen werden (neben anderen Methoden) Überwachungs- und Zielfolgeradaranlagen eingesetzt, die einerseits einen grossräumigen Überblick über den Verlauf der Zugrichtungen entlang dem Alpennordrand geben sollen und anderseits zu detaillierten Angaben über Flugrichtungen, Flughöhen, Zugdichten, Geschwindigkeiten und Flugverhalten an ausgewählten Punkten führen. Verbesserungen zu bisherigen Methoden schliessen unter anderem die Freilassung identifizierter Fänglinge unter gewählten Bedingungen sowie die Untersuchung der Flugparameter freifliegender Vögel auf langen Flugwegen ein.

Im speziellen Teil der Arbeit werden die Richtungsverteilungen in drei Höhenstufen über fünf verschiedenen Zielfolgeradar-Standorten verglichen. Daraus ergeben sich folgende für das „Alpenzugprogramm" relevante Feststellungen und Folgerungen:

— Der Vogelzug folgt im Schweizerischen Mittelland von E nach W dem Bogen von Alpen und Jura. Hauptursache dürfte der im regionalen Rahmen richtende Einfluss des Talverlaufs zwischen den Gebirgen sein, und nicht lokale Einflüsse oder grossräumige, endogen vorprogrammierte Richtungsänderungen.

— Die Zunahme der S-Zieher mit der Höhe im Bereich der Alpen deutet auf eine verstärkte Präferenz der S-orientierten Langstreckenzieher für grosse Flughöhen und direkte Alpenüberquerung.

— Die extreme, mit der Höhe zunehmende Divergenz der dominierenden Richtungen auf den beiden Alpenrand-Stationen könnte Folge eines Entscheidungsprozesses sein (der ersten Kette entlang oder darüber hinweg; verbunden mit nachfolgender Kompensation der Abweichung). Neben regionalen richtenden Topographieeinflüssen könnte auch eine relative Zunahme der S- und SE-Zieher mit der Annäherung an die Alpen mitbeteiligt sein. Für das Fehlen der entsprechenden Divergenz auf dem Hahnenmoospass könnten die bereits erfolgte „Entscheidung" sowie der richtende Einfluss der Berner Alpen und die gegen W abnehmende Zahl der S- und SE-Zieher verantwortlich sein.

LITERATUR

ALTHAUS, H. P. und B. BRUDERER. In Vorb. Variation von Flügelschlagfrequenz und Fluggeschwindigkeit bei Rabenkrähen (untersucht mit Zielfolgeradar) *Orn. Beob.*

BLOCH, R., B. BRUDERER und P. STEINER. Im Druck. Flugverhalten nächtlich ziehender Vögel. Elektronische Auswertung von Radardaten über den Vogelzug auf einem Alpenpass. *Die Vogelwarte* 33.

BRUDERER, B. 1969. Zur Registrierung und Interpretation von Echosignaturen an einem 3-cm-Zielverfolgungsradar. *Orn. Beob.* 66: 70-88.

— 1971. Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland. *Orn. Beob.* 68: 89-158.

— 1978. Effects of Alpine Topography and Winds on Migrating Birds. In: Animal Migration, Navigation, and Homing. pp. 252-265. Ed. K. SCHMIDT-KOENIG and W. T. KEETON. *Springer Berlin Heidelberg.*

— 1980. Vogelzugforschung unter Einsatz von Radargeräten. In: Medizinische Informatik und Statistik 17: 144-154. *Springer Berlin Heidelberg.*

— 1980 Radar Data on the Orientation of Migratory Birds in Europe. *Proc. Int. Orn. Congr.*, Berlin 1978: 547-552.

BRUDERER, B., B. JACQUAT und U. BRÜCKNER. 1972. Zur Bestimmung von Flügelschlagfrequenzen tag- und nachtziehender Vogelarten mit Radar. *Orn. Beob.* 69: 189-206.

BRUDERER, B. und L. JENNI. 1980. Ein nationales Programm für die Vogelzugforschung in der Schweiz. *Orn. Beob.* 77: 56-58.

BRUDERER, B. und E. WEITNAUER. 1972. Radar Beobachtungen über Zug und Nachtflüge des Mauerseglers *(Apus apus). Revue suisse Zool.* 79: 1190-1200.

GEHRING, W. 1963. Radar- und Feldbeobachtungen über den Verlauf des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland: Der Tagzug im Herbst (1957-1961). *Orn. Beob.* 60: 35-68.

GWINNER, E. and W. WILTSCHKO. 1978. Endogenously controlled changes in migratory directions of the garden warbler, Sylvia borin. *J. Comp. Physiol.* 125: 267-273.

RENEVEY, B. 1981. Etude du mode de battement d'ailes des oiseaux migrateurs nocturnes à l'aide d'un radar de conduite de tir. *Revue suisse Zool.* 88: 875-886.

RÜSCH, E. und B. BRUDERER. 1981. Einfluss der Topographie auf nächtlich ziehende Vögel. *Revue suisse Zool.* 88: 865-874.

SUTTER, E. 1957. Radar als Hilfsmittel der Vogelzugforschung. *Orn. Beob.* 54: 70-96.

ZINK, G. 1973, 1975. Der Zug europäischer Singvögel. Ein Atlas der Wiederfunde beringter Vögel. 1. und 2. Lieferung. *Vogelwarte Radolfzell.*

— 1977. Richtungsänderungen auf dem Zuge bei europäischen Singvögeln. Sonderheft „*Die Vogelwarte*" 29: 44-54.

Adresse des Autors:

Dr. B. Bruderer
Schweiz. Vogelwarte
CH-6204 Sempach